

# Water: **Brief**

## Developing Hydro-Climatic Services in the Indian Himalayas

*Opportunities and Challenges*

April 2018

# 04



**INDIA-UK  
Water Centre**  
भारत-यूके  
जल केन्द्र

## Developing Hydro-Climatic Services in the Indian Himalayas

*Opportunities and Challenges*

### भारतीय हिमालय में जल-जलवायु सेवाएं विकसित करना

अवसर एवं चुनौतियां

#### CITATION

Widmann, M (2018). *Developing Hydro-climatic Services in the Indian Himalayas. Water Brief 04. India UK Water Centre xxpp. Wallingford, UK and Pune, India.*

विडमन, एम (2018)। भारतीय हिमालय में जल-जलवायु सेवाएं विकसित करना। जल संक्षिप्त ०४। भारत-यूके जल केंद्र २० पृष्ठ वॉलिंगफोर्ड, यूके एवं पुणे, भारत

Front cover image:

NERC

SCIENCE OF THE ENVIRONMENT



The India-UK Water Centre (IUKWC) promotes cooperation and collaboration between the complementary priorities of NERC-MoES water security research.

भारत-यूके जल केंद्र एम.ओ.ई.एस - एन.ई.आर.सी (यूके) जल सुरक्षा अनुसंधान की परिपूरक प्राथमिकताओं के बीच सहकार्यता और सहयोग को बढ़ावा देता है।

This State of Science Brief was produced as an output from an India-UK Water Centre supported Pump Priming Project on Current Opportunities and Challenges in Developing Hydro-Climatic Services in the Himalayas undertaken in 2017

विज्ञान सार संक्षेप की यह स्थिति २०१७ में प्रारंभ की गई भारत यूके जल केंद्र समर्थित पम्प प्राइमिंग परियोजना "हिमालय क्षेत्रों में जल-जलवायु सेवाएं विकसित करने में वर्तमान अवसर एवं चुनौतियाँ" का प्रतिफल है।







## 1. Background

The India-UK Water Centre funded a pump-priming project on “Current Opportunities and Challenges in Developing Hydro-Climatic Services in the Himalayas”. Within the project 15 climate scientists, hydrologists and glaciologists from India and the UK have assessed the significant issues for hydro-climatic modelling and service development in the mountain regions of northern India.

The outcome is available as a report (Widmann *et al.* 2018). It includes an extensive review of the scientific literature on the relevant processes, of current modelling capabilities, and of the availability of meteorological, glaciological, and hydrological observations. This review is combined with a discussion of user needs to identify the main opportunities and challenges.

## 2. Key Findings on current status

Mitigation against climate- and hydrology-related risks, for instance related to floods and droughts, and exploitation of potential benefits of hydrological changes requires comprehensive and user-oriented meteorological and glacio-hydrological predictions for days to seasons ahead, as well as long-term climate change and hydrological projections. The current status of scientific understanding, modelling and

## 1. पृष्ठभूमि

भारत-यूके जल केंद्र ने एक पम्प प्राईमिंग परियोजना "हिमालय क्षेत्रों में जल-जलवायु सेवाओं को विकसित करने में वर्तमान अवसर एवं चुनौतियाँ" को वित्त प्रदान किया। परियोजना के तहत भारत एवं यूके के १५ जलवायु वैज्ञानिकों, जल-वैज्ञानिकों तथा हिमनद वैज्ञानिकों ने उत्तर भारत के पर्वतीय क्षेत्रों में जल-जलवायु प्रतिमानन तथा सेवा विकास संबंधी महत्वपूर्ण मुद्दों का मूल्यांकन किया है।

रिपोर्ट (विडमन *एट आल* 2018) के रूप में परिणाम उपलब्ध है। इसमें मौजूदा प्रतिमानन क्षमताओं तथा मौसम, हिमानिकी, एवं जल विज्ञान संबंधी अवलोकनों की उपलब्धता से संबंधित प्रक्रियाओं पर वैज्ञानिक साहित्य की व्यापक समीक्षा शामिल है। यह समीक्षा मुख्य अवसरों एवं चुनौतियों को चिह्नित करने के लिए उपयोगकर्ताओं की आवश्यकता पर चर्चा के साथ युग्मित है।

## २. मौजूदा स्थिति पर प्रमुख निष्कर्ष

जलवायु एवं जल विज्ञान संबंधी खतरों का शमन उदाहरण के तौर पर, बाढ़ एवं सूखे से संबंधित तथा जल विज्ञान संबंधी बदलावों के संभावित लाभों के दोहन हेतु आगामी दिनों से लेकर मौसम तक के लिए और साथ ही दीर्घकालीन जलवायु परिवर्तन एवं जल विज्ञान संबंधी प्रक्षेपण के लिए व्यापक एवं उपयोगकर्ता-उन्मुख मौसम संबंधी तथा हिमानिकी - जल विज्ञान संबंधी पूर्वानुमानों की आवश्यकता है। भारतीय हिमालय क्षेत्रों के लिए इस तरह के जल-जलवायु संबंधी जानकारी प्रदान करने के लिए वैज्ञानिक समझ, प्रतिमानन





observations needed to provide such hydro-climatic information for the Indian Himalayas is characterised by the following aspects:

### 2.1. Understanding and prediction of large-scale climate controls

The primary large-scale factors that influence regional weather and climate variability, for instance through affecting the Indian Summer Monsoon or wintertime low-pressure systems, have been identified. However, open questions remain about their relative importance and their interactions with each other. It is also in many cases unclear how realistically these climate controls are represented in climate models, how they will be affected by climate change, and thus how they will in turn influence regional climate in the Himalayas.

### 2.2. Understanding and modelling of small-scale meteorological processes

The knowledge of small-scale meteorological processes, for instance of local topographic effects or cloud microphysics, is limited, partly because there are not many high-resolution observations. Moreover the representation of these processes in climate models is highly simplified and it is unclear to what extent this affects the simulated climate change.

### 2.3. Glacier mass-balance

There is considerable uncertainty about the current and past thickness of Himalayan glaciers, due to a lack of observations, as a result of major logistical and access constraints. This makes it difficult to identify the

तथा अवलोकनों की मौजूदा स्थिति निम्नलिखित पहलुओं को चिह्नित करता है:

### २.१. दीर्घ-मापी जलवायु नियंत्रणों की समझ एवं उसका पूर्वानुमान

क्षेत्रीय मौसम एवं जलवायु परिवर्तनशीलता को बड़े पैमाने पर प्रभावित करने वाले दीर्घ मापी प्रधान कारकों, उदाहरण के तौर पर, भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून या शीतकालीन निम्न-दाब प्रणालियों, की पहचान कर ली गई हैं। हालांकि, उनके सापेक्षिक महत्व एवं उनके परस्पर अन्योन्य क्रियाओं से संबंधित प्रश्नों के उत्तर अब भी बाकी हैं। कई मामलों में यह अब भी स्पष्ट नहीं है कि जलवायु मॉडलों में ये जलवायु नियंत्रण कितनी वास्तविकता से प्रदर्शित करते हैं, जलवायु परिवर्तन से वे कैसे प्रभावित होंगे, और इस प्रकार बदले में वे कैसे हिमालय में क्षेत्रीय जलवायु को प्रभावित करेंगे।

### २.२. लघु-मापी मौसम संबंधी प्रक्रियाओं का प्रतिमानन एवं समझ

लघु-मापी मौसम संबंधी प्रक्रियाओं का ज्ञान उदाहरण के तौर पर, स्थानीय स्थलाकृतिक प्रभाव या मेघ सूक्ष्मभौतिकी (क्लाउड माइक्रोफिजिक्स), सीमित है, क्योंकि आंशिक रूप में यहाँ कई उच्च-विभेदन प्रेक्षण नहीं हैं। इसके अलावा जलवायु मॉडल में इन प्रक्रियाओं का प्रतिनिधित्व बेहद सरल है तथा यह स्पष्ट नहीं है कि यह सिमुलेटेड जलवायु परिवर्तन को किस हद तक प्रभावित करता है।

### २.३. हिमनद परिमाण संतुलन

प्रमुख साजो-समान तथा पहुंच की कमी के फलस्वरूप, पर्यवेक्षणों की कमी के कारण, हिमालयी हिमनदों के वर्तमान एवं पूर्ववर्ती घनत्व के विषय में काफी अनिश्चितता है। इससे हिमनदों के परिमाण-संतुलन पर प्रभुत्व दर्शाने वाली प्रक्रियाओं को पहचानना







processes that dominate the mass-balance of glaciers and thus to constrain projections for the future. The representation of snow and ice processes in global climate and land surface models, and in catchment-scale hydrological models is limited.

#### 2.4. Hydrological processes

Understanding the specific hydrological processes in the major river basins is hampered by the limited availability of hydrological observations, such as river flow measurements. There is also a lack of knowledge about the river basin properties and how these modify the climate inputs through basin storage and transfer processes to generate river flow. These include both natural (e.g. lakes and groundwater) and man-made (reservoirs) storage, and natural and human-modified transfer processes (land use change, irrigation).

#### 2.5. Modelling capabilities

Substantial meteorological and hydrological modelling capabilities do exist for this region, with state-of-the-art models being implemented. However, integration of glacio-hydrological and meteorological models is not well developed.

Computational resources are good in some Indian research centres, but could be improved in others. The need for better computation capabilities will remain for the foreseeable future, because the spatial resolution of

और इस प्रकार भविष्य के लिए अनुमानों को नियंत्रित करना कठिन हो जाता है। वैश्विक जलवायु और भूमि सतह मॉडलों में तथा जलग्रहण स्तर के जल विज्ञान संबंधी मॉडलों में हिमपात एवं बर्फ की प्रक्रियाओं का प्रतिनिधित्व, सीमित है

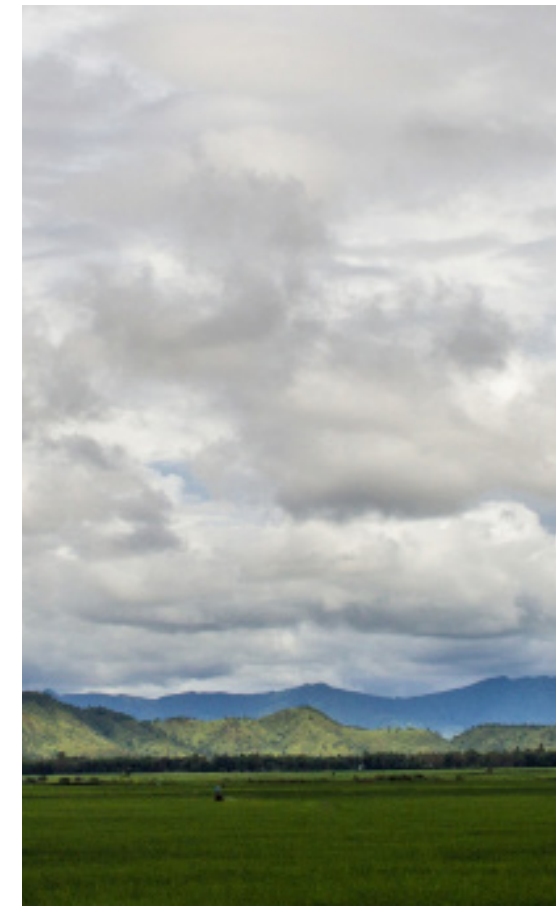
#### २.४. जल विज्ञान संबंधी प्रक्रियाएं

प्रमुख नदी के घाटियों में जैसे नदी प्रवाह माप विशिष्ट जल विज्ञान प्रक्रियाओं को समझने में, जल विज्ञान संबंधी अवलोकनों की सीमित उपलब्धता के कारण बाधा उत्पन्न होती है। नदी बेसिन के गुण तथा ये कैसे नदी के प्रवाह को उत्पन्न करने के लिए बेसिन भंडारण एवं हस्तांतरण प्रक्रियाओं के माध्यम से जलवायु निविष्टियों को संशोधित करते हैं, इसके बारे में ज्ञान की कमी है। इनमें प्राकृतिक (जैसे झीलों और भूजल) एवं मानव निर्मित (जलाशय) भंडारण, तथा प्राकृतिक एवं मानव-संशोधित हस्तांतरण प्रक्रियाएं (भूमि उपयोग परिवर्तन, सिंचाई) शामिल हैं।

#### २.५. प्रतिमानन क्षमताएँ

अत्याधुनिक मॉडल के कार्यान्वयन के साथ, इस क्षेत्र के लिए पर्याप्त मौसम विज्ञान एवं जल विज्ञान संबंधी प्रतिमानन क्षमताएँ मौजूद हैं। फिर भी, हिमनद-जल-विज्ञान तथा मौसम संबंधी मॉडलों का एकीकरण अच्छी तरह विकसित नहीं हुआ है।

कुछ भारतीय अनुसंधान केंद्रों में संगणनात्मक संसाधन अच्छे हैं, लेकिन दूसरों में सुधार की गुंजाइश किया जा सकता है। बेहतर संगणनात्मक क्षमताओं की अनिवार्यता निकट भविष्य के लिए रहेगी ही क्योंकि मॉडलों के स्थानिक विक्षेपण(रिज़ॉल्यूशन) तथा सामूहिक (एनसेम्बल) प्रभाव के सिमुलेशन के आकार सभी महत्वपूर्ण प्रक्रियाओं को पर्याप्त रूप





models, and the size of ensemble simulations are still substantially too low to adequately simulate all key processes and to quantify uncertainties.

The lack of available observations for hydrological variables makes calibration and validation of hydrological models, and defining the initial conditions for forecasts difficult, while the lack of high-resolution meteorological observations hampers the development of atmospheric models.

## 2.6. Skill of weather forecasting and climate models

Meteorological models have good general skill for forecasts up to a few days, but the simulated precipitation in global and regional models has substantial biases in location and amount, which is a key challenge for combining meteorological and hydrological modelling.

Longer-term to seasonal predictions remain a challenge, because of limited understanding of the relevant predictors, deficiencies in initialising the predictions, and fundamental predictability limits due to the chaotic nature of the climate system.

Climate projections for the 21st century for a given emission scenario are affected by model uncertainties and random variability, leading for example to considerable spread in the simulated precipitation change over some regions. In addition there are known systematic biases. There

से करने के लिए तथा अनिश्चितताओं का अनुमान लगाने के लिए अभी भी बहुत कम हैं।

जल विज्ञान संबंधी चरों के लिए उपलब्ध अवलोकनों की कमी से जल विज्ञान संबंधी मॉडलों के अंशांकन तथा सत्यापन और पूर्वानुमान के लिए प्रारंभिक स्थितियों को परिभाषित कराना कठिन हो जाता है, जबकि उच्च-रिज़ॉल्यूशन के मौसम संबंधी अवलोकनों की कमी से वायुमंडलीय मॉडलों के विकास में बाधा आती है।

## २.६. मौसम पूर्वानुमान और जलवायु मॉडल के कौशल

मौसम संबंधी मॉडलों के पास कुछ दिनों तक के पूर्वानुमान के लिए अच्छा सामान्य कौशल हैं, लेकिन वैश्विक एवं क्षेत्रीय मॉडलों में सिमुलेटेड वर्षा के लिए स्थान और राशि में पर्याप्त पूर्वाग्रह है, जो मौसम तथा जल विज्ञान संबंधी प्रतिमानन के संयोजन के लिए एक महत्वपूर्ण चुनौती है।

उचित पूर्वानुमानकारकों की सीमित समझ, पूर्वानुमानों की आरंभीकरण की कमियाँ, तथा जलवायु प्रणाली की विशुद्ध प्रकृति के कारण मौलिक पूर्वानुमेयता की सीमाएं होने की वजह से मौसमी पूर्वानुमाने दीर्घकालिक समय से एक चुनौती बनी हुई है।

मॉडल अनिश्चितताओं तथा यादृच्छिक परिवर्तनशीलता द्वारा प्रभावित होते हैं जो प्रदत्त उत्सर्जन परिदृश्य के लिए 21 वीं शताब्दी के जलवायु प्रक्षेपों को दर्शाते हैं, उदाहरण के लिए कुछ क्षेत्रों में सिमुलेटेड वर्षा परिवर्तन में काफी फैलाव दर्शाते हैं। इसके अलावा कुछ ज्ञात पूर्वाग्रह भी हैं। अनिश्चितताओं को कम करने और संरक्षित पूर्वाग्रह सुधार दृष्टिकोण







is a need for process-based model validation to reduce uncertainties and develop defensible bias correction approaches.

### 2.7. Skill of glacier and hydrological models

Modelling the response of Himalayan glaciers to climate change is still in the development phase. Simulations incorporate mass balance, ice flow and debris transport. They suggest the mitigating role of insulating debris cover in glacier retreat, but also predict detachment of debris covered tongues, which may accelerate glacier decay.

Hydrological models are relatively mature, but still likely to be a larger source of uncertainty for flood and drought predictions than the meteorological input. They are calibrated for the current climate, and some important hydrological processes are not adequately incorporated, for example land use, snow, groundwater, reservoirs and human water use, It is thus unclear how well they are applicable in future conditions.

Further development of both types of models is hampered by a lack of high-resolution, unbiased meteorological input and of observations for calibration and evaluation.

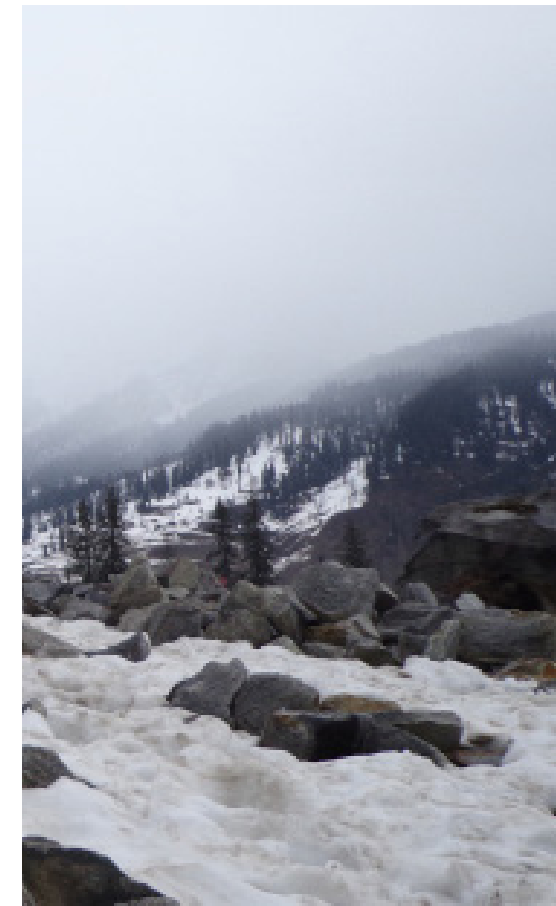
कों विकसित करने के लिए प्रक्रिया-आधारित मॉडल सत्यापन की आवश्यकता है।

### २.७. हिमनद और जल विज्ञान संबंधी मॉडलों का कौशल

जलवायु परिवर्तन के लिए हिमालयी हिमनदों (ग्लेशियर्स) की प्रतिक्रिया का प्रारूपण करना अभी भी विकास के चरण में है। सिमुलेशनों में परिमाण संतुलन, बर्फ प्रवाह तथा मलबा परिवहन शामिल हैं। वे हिमनद वापसी में अलंगीकृत (इंसुलेटेड) मलबा आवरण के द्वारा शमन की भूमिका का सुझाव देते हैं, लेकिन वे मलबे में अन्तर्निहित टुकड़ों के अलग होने का पूर्वानुमान भी लगाते हैं जो हिमनद-क्षय के त्वरित होने की वजह हो सकता है।

जलविज्ञान संबंधी मॉडल अपेक्षाकृत परिपक्व हैं, किन्तु मौसम संबंधी निविष्ट (इनपुट) की तुलना में बाढ़ एवं सूखे के पूर्वानुमानों के लिए अनिश्चितता अभी भी एक बड़े स्रोत के रूप में है। वे वर्तमान जलवायु के लिए अंशशोधित हैं, तथा कुछ महत्वपूर्ण जल विज्ञान संबंधी प्रक्रियाओं को उसमें पर्याप्त रूप से शामिल नहीं किया जाता है, उदाहरण के लिए भूमि उपयोग, हिमपात, भूजल, जलाशयों तथा मानव जल का उपयोग, इस प्रकार यह स्पष्ट नहीं है कि भविष्य की परिस्थितियों में वे और कितनी अच्छी तरह लागू होते हैं।

दोनों प्रकार के मॉडलों का विकास उच्च विक्षेपण (रिज़ॉल्यूशन), निष्पक्ष मौसम संबंधी निविष्ट तथा अंशांकन एवं मूल्यांकन हेतु अवलोकनों के अभाव से बाधा उत्पन्न होती है।





## 2.8. Hydrological predictions

There is a Regional Flood Information System (HKH-HYCOS) based on observations over the Ganges-Brahmaputra-Meghna and Indus basins, which encourages sharing of flood data and information for reduction of flood vulnerability. However, there is no equivalent system for dealing with water scarcity.

Some effort in using weather forecasts as input to hydrological models has recently been made by the Central Water Commission aiming at extending the lead time and accuracy of hydrological predictions. However, coupling meteorological and hydrological models for India at catchment and regional scale is still in a pioneering phase, partly due to the biases in the simulated precipitation that drives the hydrological models. This is of crucial importance because of the feedbacks that exist between the land surface and the atmosphere. Predicting droughts and floods is thus still a major challenge. For long-term projections the meteorological input is more uncertain, and the coupling of glacier and hydrological models needs to be developed further.

## 2.9. Observations

Some gridded precipitation and temperature datasets that include the Indian Himalayas are available, either based on interpolated ground observations (APHRODITE, India Meteorological Department) or on simulations that assimilate observations (reanalyses). These are often

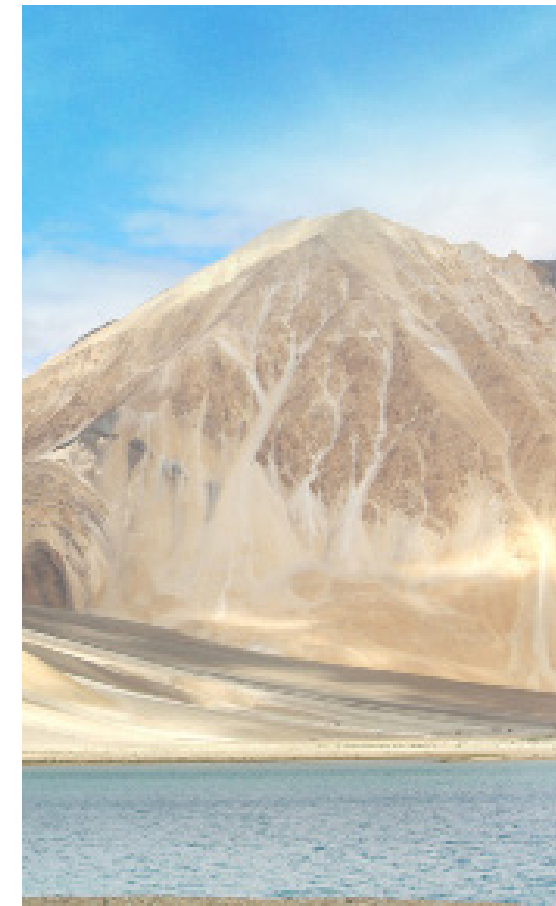
## २.८. जल विज्ञान संबंधी पूर्वानुमान

गंगा-ब्रह्मपुत्र-मेघना एवं सिंधु घाटियों पर अवलोकनों के आधार पर एक क्षेत्रीय बाढ़ सूचना प्रणाली (एचकेएच-एचवायसीओएस) है, जो कि बाढ़ की जोखिम को कम करने के लिए बाढ़ के आंकड़ों व सूचनाओं को साझा करने को प्रोत्साहित करती है। हालांकि, पानी की कमी से निपटने के लिए कोई समकक्ष प्रणाली नहीं है।

हाल ही में केन्द्रीय जल आयोग ने जल विज्ञान संबंधी पूर्वानुमानों के अग्रणी समय एवं सटीकता को बढ़ाने के उद्देश्य से जलविज्ञान संबंधी मॉडलों के लिए निविष्ट(इनपुट) के रूप में मौसम के पूर्वानुमानों का उपयोग करने के कुछ प्रयास किए गए हैं। हालांकि, जलग्रहण एवं क्षेत्रीय स्तर पर भारत के लिए मौसम व जल विज्ञान संबंधी मॉडलों के युग्मन अभी भी एक अन्वेषण चरण में हैं, जल विज्ञान संबंधी मॉडलों का संचालन आंशिक रूप से सिमुलेटेड वर्षा में पूर्वाग्रहों की वजह से होता है। वायुमंडल एवं धरातल के बीच मौजूद प्रतिक्रियों के कारण यह अति महत्वपूर्ण है। इस प्रकार सूखे एवं बाढ़ों की भविष्यवाणी अभी भी एक बड़ी चुनौती है। लंबी अवधि के अनुमानों के लिए मौसम संबंधी निविष्ट ज्यादा अनिश्चित है, तथा हिमनद व जल विज्ञान संबंधी मॉडलों के युग्मन को आगे विकसित करने की जरूरत है।

## २.९. पर्यवेक्षणों

वर्षा में गड़बड़ी(ग्रीडेड) एवं तापमान के कुछ आंकड़ा समुच्चय(डेटासेट्स) जिसमें भारतीय हिमालय क्षेत्र शामिल हैं, या तो अंतर्वेशित भू अवलोकन (इंटरपोलेटेड ग्राउंड अवलोकन - एफ्रोडाइट, इंडिया मौसम विज्ञान विभाग) या सिमुलेशन पर जो अवलोकन(रेनालिस) को







used as input for hydrological models. However, local observations in the region are scarce, in particular at high altitude, which can lead to substantial errors in the gridded datasets. Satellite and other remote-sensing products might help to improve the situation, but are difficult for high-altitude areas. The limited meteorological surface and upper-air observations hamper the much-needed validation of weather forecasting and climate models in the region.

There is also a **scarcity** of in-situ hydrological observations and a complete absence above **3000m**, which is a key limitation for developing and validating hydrological models. Moreover, the observations are carried out by different government agencies, e.g., India's Central Water Commission (**CWC**) and Central Ground Water Board (**CGWB**), and India Meteorological Department (**IMD**), and access is often limited.

Increasing the monitoring of glacier mass is required for developing long-term predictive capabilities.

#### 2.10. Communication and advice

Providing hydro-climatic information in the most useful form requires an understanding of the role of hydro-climatic information in decision making processes. It also needs a realistic assessment of which information can actually be provided due to practical and fundamental limitations.

आत्मसात करता है, उपलब्ध हैं। इन्हें प्रायः निविष्ट के रूप में जल विज्ञान संबंधी मॉडलों के लिए उपयोग किया जाता है। हालांकि, इस क्षेत्र में स्थानीय अवलोकन दुर्लभ हैं, विशेष रूप से उच्च ऊंचाई पर, जो डेटासेट्स की गड़बड़ी की वजह से पर्याप्त त्रुटियों का कारण हो सकता है। उपग्रह(सैटेलाइट) तथा अन्य सुदूर-संवेदन उत्पाद स्थिति को सुधारने में मदद कर सकते हैं, लेकिन उच्च-ऊंचाई वाले क्षेत्रों के लिए मुश्किल हो सकते हैं। मौसम संबंधी सतही सीमाएँ तथा ऊपरी हवा की पर्यवेक्षण इस क्षेत्र में मौसम पूर्वानुमान एवं जलवायु मॉडलों का अति अनिवार्य सत्यापन को बाधित करती हैं।

जल विज्ञान संबंधी पर्यवेक्षणों की कमी तथा **3000 मीटर** से ऊपर एक पूर्ण अनुपस्थिति भी यथावत् है, जो जल विज्ञान संबंधी मॉडलों को विकसित एवं पुष्टि करने के लिए एक मुख्य रुकावट है। इसके अलावा, विभिन्न सरकारी एजेंसियों द्वारा अवलोकन किया जाता है, उदाहरण के लिए, भारत के केंद्रीय जल आयोग (**सीडब्ल्यूसी**) एवं केंद्रीय भूजल बोर्ड (**सीजीडब्ल्यूबी**), तथा भारत मौसम विज्ञान विभाग (**आईएमडी**), और पहुंच प्रायः सीमित होते हैं।

दीर्घकालिक भविष्यसूचक क्षमताओं को विकसित करने के लिए हिमनद(ग्लेशियर) परिमाण की निगरानी में वृद्धि करना आवश्यक है।

#### २.१०. संचार और सलाह

जल-जलवायु संबंधी जानकारी प्रदान करने के लिए सबसे उपयोगी विधि में निर्णय लेने की प्रक्रियाओं में जल-जलवायु संबंधी सूचना की भूमिका की समझ की आवश्यकता है। इसमें यथार्थवादी मूल्यांकन की भी जरूरत है, जिसमें व्यावहारिक तथा मौलिक सीमाओं





This can only be achieved by close collaboration between information providers and users, rather than by a top-down approach.

Information should be provided on different aggregation levels. For instance academic and government scientists require access to raw data. Members of the public, government agencies, non-profit organisations or industrial corporations require analysed information, on micro to regional scales. Policy and decision makers may need reports and executive summaries of a manageable length and level of scientific detail.

के कारण जानकारी वास्तव में प्रदान की जा सकती है। शीर्ष-पाद(टॉप-डाउन) दृष्टिकोण के बजाय, यह केवल एक सूचना प्रदाताओं और उपयोगकर्ताओं के बीच निकट सहयोग द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

जानकारी विभिन्न समूहन स्तरों पर प्रदान की जानी चाहिए। उदाहरण के लिए शैक्षिक एवं सरकारी वैज्ञानिकों को कच्चे आंकड़ों तक पहुंच की आवश्यकता है। सार्वजनिक, सरकारी एजेंसियों, गैर-लाभकारी संगठनों या औद्योगिक निगमों के सदस्यों को क्षेत्रीय स्तरों के लिए सूक्ष्म विश्लेषण की आवश्यकता होती है। नीति एवं निर्णय निर्माताओं को एक प्रबंधनीय विस्तार वाली तथा विस्तृत वैज्ञानिक स्तर की रिपोर्ट एवं कार्यकारी सारांश की जरूरत हो सकती है।





### 3. Specific Knowledge and Data Gaps

Category	Opportunities and recommendations
Scientific understanding	<p>Improved understanding should be gained on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The effect of climate change on large-scale drivers of regional climate, for instance the land-sea temperature contrast and the summer monsoon, or the hemispheric-scale wintertime atmospheric circulation;</li> <li>• The effect of land-use changes on climate;</li> <li>• The role of small-scale processes in modifying the weather and the climate change signal;</li> <li>• Glacier mass and processes;</li> <li>• Hydrological catchment processes, especially related to storage and transfer (both natural and man-made);</li> <li>• Effects of changes in water use and management.</li> </ul>
Modelling and prediction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• India's and the UK's large and excellent scientific communities in meteorology, climate research, hydrology and glaciology, and substantial modelling capabilities provide an excellent opportunity to move towards integrated meteorological/climatological-glacio-hydrological modelling on all timescales. This requires interdisciplinary meetings, but overcoming the substantial technical and scientific challenges will only be possible if interdisciplinary projects on developing integrated modelling can be funded.</li> <li>• Increasing computing resources is essential to meet the need for better process representation and uncertainty quantification.</li> <li>• Predicting meteorological and hydrological extremes should be a key element.</li> </ul>

### ३. विशिष्ट ज्ञान और आंकड़ा अंतराल

श्रेणी	अवसर एवं सिफारिशें
वैज्ञानिक समझ	<p>बेहतर समझ को प्राप्त करना चाहिए</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• क्षेत्रीय जलवायु के संचालकों का बड़े पैमाने पर जलवायु परिवर्तन का असर, उदाहरण के लिए भूमि-समुद्रीय तापमान विषमता एवं गर्मियों में मानसून, या गोलार्ध(हिमस्फेरिक) स्तर पर शीतकालीन वायुमंडलीय परिसंचरण;</li> <li>• जलवायु परिवर्तन पर भूमि उपयोग का प्रभाव;</li> <li>• मौसम और जलवायु परिवर्तन के संकेत को संशोधित करने में लघु-स्तरीय प्रक्रियाओं की भूमिका;</li> <li>• हिमानिकी परिमाण एवं प्रक्रियाएं;</li> <li>• जल विज्ञान संबंधी जलग्रह प्रक्रियाएँ, विशेष रूप से भंडारण और हस्तांतरण(दोनों - प्राकृतिक तथा मानव निर्मित) से संबंधित;</li> <li>• जल के उपयोग तथा प्रबंधन में परिवर्तन के प्रभाव</li> </ul>
प्रतिमानन एवं पूर्वानुमान	<ul style="list-style-type: none"> <li>• भारत एवं यूके के मौसम विज्ञान, जलवायु अनुसंधान, जल विज्ञान तथा हिमनद विज्ञान में व्यापक एवं उत्कृष्ट वैज्ञानिक समुदायों, और पर्याप्त प्रतिमानन क्षमताओं, सभी कालखंडों में एकीकृत मौसम विज्ञान संबंधी / जलवायु-हिमनद-जल-जलवायु संबंधी प्रतिमानन की ओर बढ़ने का एक उत्तम अवसर प्रदान करते हैं। इसके लिए अंतःविषय बैठकों की आवश्यकता है, किन्तु पर्याप्त तकनीकी एवं वैज्ञानिक चुनौतियों पर काबू पाना तभी संभव होगा यदि एकीकृत प्रतिमानन विकसित करने में अंतःविषय परियोजनाओं का वित्त पोषण किया जा सके।</li> <li>• बेहतर प्रक्रिया प्रतिनिधित्व एवं अनिश्चितता का परिमाणन की जरूरत को पूरा करने के लिए संगणन(कंप्यूटिंग) संसाधनों में वृद्धि करना आवश्यक है।</li> <li>• मौसम संबंधी तथा जल विज्ञान संबंधी चरम सीमाओं का अनुमान लगाया जाना एक महत्वपूर्ण तत्व होना चाहिए।</li> </ul>

Category	Opportunities and recommendations
Observations	<p>Scarcity of meteorological and glacio-hydrological observation, in particular at high altitudes, is a crucial problem for developing predictions on all timescales. Realistic ways forward include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Case studies and targeted observation campaigns in high altitude catchments;</li> <li>• Feasibility studies for using crowd-sourced measurements, low-cost sensors, and mobile communication networks;</li> <li>• Further development of the use of remote sensing data and calibration methods;</li> <li>• Improved data sharing and provision of metadata.</li> </ul>
Information, communication and advice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify user groups and sectors, their specific information needs, and the role of hydro-climatic information in decision making;</li> <li>• Facilitate close collaboration between information providers and users;</li> <li>• Provide information on different aggregation levels and communicate uncertainties;</li> <li>• Identify lines of communication. Government agencies dealing with water resources, floods or droughts, should be in direct two-way communication with the providers of hydro-climatic information. Ways of informing the general public should take into account illiteracy in parts of the population.</li> <li>• Include advice on actions in short-term to seasonal forecasting, for instance by using warning levels with recommendations.</li> <li>• Provide information on changes in hydrological extremes as part of climate change projections.</li> </ul>

श्रेणी	अवसर एवं सिफारिशें
पर्यवेक्षणों	<p>मौसम एवं हिमनद-जलविज्ञान संबंधी अवलोकन की कमी, विशेष रूप से उच्च ऊंचाई पर, सभी कालखण्डों में पूर्वानुमानों के विकास के लिए एक कठिन समस्या है। यथार्थवादी तरीके आगे शामिल हैं :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• मामले के अध्ययन(केस स्टडीस) तथा उच्च ऊंचाई वाले जलग्रहणों में अवलोकन लक्षित अभियान;</li> <li>• एकत्रित भीड़(क्राउड-सोर्सड) मापन, कम लागत वाले सेंसर तथा मोबाइल संचार संजाल(नेटवर्क) का उपयोग करने हेतु व्यवहार्यता अध्ययन;</li> <li>• सुदूर संवेदन आंकड़ा तथा अंशांकन विधियों के उपयोग से आगे का विकास करना;</li> <li>• उन्नत आंकड़ा साझाकरण और मेटाडेटा का प्रावधान;</li> </ul>
सूचना, संचार एवं सलाह	<ul style="list-style-type: none"> <li>• उपयोगकर्ता समूहों तथा क्षेत्रों की पहचान, उनकी विशिष्ट जानकारी की जरूरतें, और निर्णय लेने में जल-जलवायु सूचनाओं की भूमिका;</li> <li>• सूचना प्रदाताओं और उपयोगकर्ताओं के बीच घनिष्ठ सहयोग की सुविधा प्रदान करना;</li> <li>• विभिन्न एकत्रीकरण स्तरों पर जानकारी प्रदान करना और अनिश्चितताओं का संचार करना;</li> <li>• संचार-व्यवस्था की रेखाओं(लाइनें) की पहचान करना। जल संसाधन, बाढ़ या सूखे से निपटने वाली सरकारी एजेंसियां, जल-जलवायु संबंधी जानकारी के प्रदाताओं के साथ सीधे दो तरफा संचार-व्यवस्था होनी चाहिए। जनसंख्या के कुछ हिस्सों में सामान्य जनता को सूचित करने के तरीकों में निरक्षरता को ध्यान में रखना चाहिए।</li> <li>• मौसमी पूर्वानुमान के लिए अल्पावधि में सलाह पर कार्यवाही शामिल करें, उदाहरण के लिए सिफारिशों के तर्ज पर चेतावनी का उपयोग करके ।</li> <li>• जलवायु परिवर्तन अनुमानों के हिस्से के रूप में जल विज्ञान संबंधी चरम सीमाओं में परिवर्तनों के बारे में जानकारी प्रदान करना।</li> </ul>



Category	Opportunities and recommendations
Education	<ul style="list-style-type: none"><li>Engaging with schools and pupils from an early age is important to create awareness in the general public on hydro-climatic extremes and climate change, and to increase resilience.</li><li>Engaging students and early-career researchers in interdisciplinary meetings and projects focused on hydroclimatic issues is needed to prepare the next generation of scientists to deal with the challenges in this field.</li></ul>

श्रेणी	अवसर एवं सिफारिशें
शिक्षा	<ul style="list-style-type: none"><li>सामान्य जनता में जल-जलवायु की चरम सीमाओं एवं जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में जागरूकता पैदा करने, तथा तन्यता बढ़ाने हेतु प्रारंभिक उम्र के विद्यार्थियों तथा विद्यालयों के साथ सहभागिता अनिवार्य हैं।</li><li>जल-जलवायु मुद्दों पर केंद्रित अंतःविषय बैठकों तथा परियोजनाओं में संलग्न छात्रों एवं आरंभिक आजीविका वाले शोधकर्ताओं का इस क्षेत्र की चुनौतियों से निपटने के लिए अगली पीढ़ी के वैज्ञानिकों को तैयार करने की आवश्यकता है।</li></ul>



## 4. Future

The development of hydro-climatic services requires addressing key scientific questions, interdisciplinary cooperation, and capacity building with respect to observations, computing resources, and educating scientists who have a sufficient understanding outside their main discipline. It also requires a close dialogue with the potential users of hydro-climatic information and co-design of the ways information is presented and of the lines of communication.

The IUKWC is already facilitating advances in several of these areas through meetings and short projects. Further progress can be made by coordinating existing scientific, observational, computing and hydrological management resources between different Indian and UK institutions. However, the complexity of the challenges requires additional funding to achieve hydro-climatic services that benefit the people in the Himalayan and the downstream regions in the best way possible.

## Reference

Widmann, M., R. Blake, K. P. Sooraj, A. Orr, J. Sanjay, A. Karumuri, A. Mitra, E.N Rajagopal, A.F. Van Loon, D.M. Hannah, N. Barrand,, R. Singh, V. Mishra, F. Sudgen, and D.S. Arya, 2018: Current Opportunities and Challenges in Developing Hydro-Climatic Services in the Himalayas. IUKWC report.

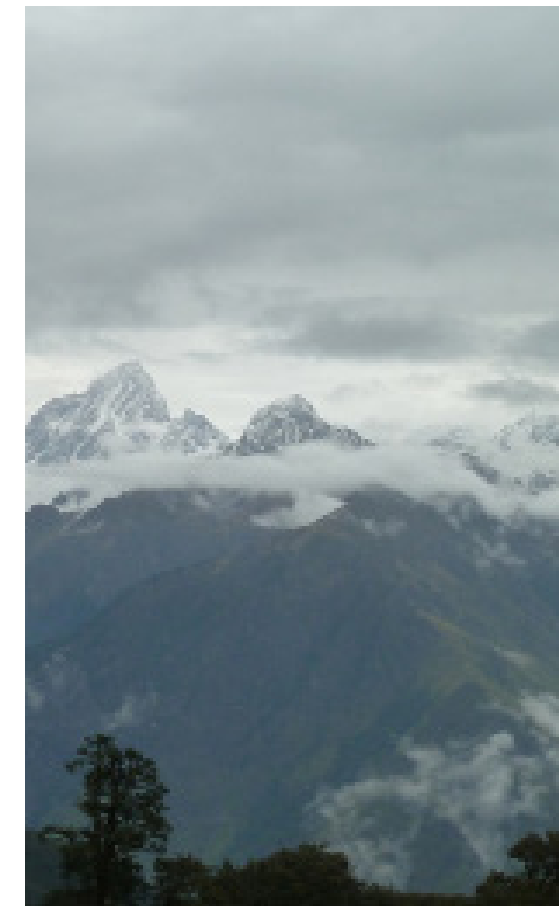
## ४. भविष्य

जल-जलवायु सेवाओं के विकास में प्रमुख वैज्ञानिक प्रश्नों, अंतःविषय सहयोग, एवं पर्यवेक्षणों के संदर्भ में क्षमता निर्माण, संगणन संसाधनों, तथा उन वैज्ञानिकों को शिक्षित करना जो अपने मुख्य विषय-वस्तु के अलावा पर्याप्त समझ रखते हैं। इसके लिए जल-जलवायु सूचना के संभावित उपयोगकर्ताओं के साथ एक करीबी वार्ता की आवश्यकता होती है तथा संचार की तर्ज पर एवं जानकारी के तरीकों का सह-उत्पादन(सह-डिजाइन) प्रस्तुत किया जाता है।

आईयूकेडब्ल्यूसी बैठकों एवं लघु परियोजनाओं के माध्यम से इन क्षेत्रों में से कई में प्रगति की सुविधा प्रदान कर रहा है। विभिन्न भारतीय एवं यूके संस्थानों के बीच मौजूदा विज्ञान संबंधि, निरीक्षण संबंधी, संगणन तथा जल विज्ञान संबंधी प्रबंधन संसाधनों के समन्वय के द्वारा आगे की प्रगति की जा सकती है। हालांकि, चुनौतियों की जटिलता के लिए अतिरिक्त वित्त(फंडिंग) की आवश्यकता जल-जलवायु सेवाओं को हासिल करने में होती है, जिससे हिमालय एवं अनुप्रवाह (डाउनस्ट्रीम) वाले क्षेत्रों में लोगों को सर्वोत्तम तरीके से लाभ पहुंचा सकते हैं।

## संदर्भ

विडमन, एम, आर ब्लैक, के पी सूरज, ए ऑर, जे संजय, ए करुमुरी, ए मित्रा, ई एन राजगोपाल, ए एफ वैन लून, डी.एम. हन्ना, एन बारेंड, आर सिंह, वी मिश्रा, एफ सुडगेन, और डी.एस. आर्य, 2018: हिमालय में जल-जलवायु सेवाओं को विकसित करने में वर्तमान अवसर एवं चुनौतियां। आईयूकेडब्ल्यूसी रिपोर्ट







**Centre for  
Ecology & Hydrology**  
NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL



 **@IndiaUKWater**

**[www.iukwc.org](http://www.iukwc.org)**

